

Perbandingan Perencanaan dengan Hasil Optimasi Cakupan 4G LTE 1800 Mhz Pada Cluster XXX di Kota Jakarta Menggunakan Software *Planning*

Nurweni Widiastuti¹, Alfin Hikmaturokhman^{2*)}, Achmad Rizal Danisya³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, ST3 Telkom Purwokerto

Email: ¹13101096@st3telkom.ac.id, ²alfin@st3telkom.ac.id, ³achmad_rizal@st3telkom.ac.id

Abstrak > *Long Term Evolution (LTE)* adalah jaringan akses radio evolusi jangka panjang yang dikeluarkan oleh 3rd Generation Partnership Project (3GPP), LTE merupakan kelanjutan dari teknologi generasi ketiga yakni 3G WCDMA-UMTS. Peneliti melakukan perencanaan *coverage* sebuah jaringan di kota Jakarta pada sebuah cluster 4G LTE menggunakan frekuensi 1800 Mhz. Perencanaan *coverage* menggunakan software *planning* simulasi UNET. Data-data untuk *coverage planning* jaringan 4G LTE 1800 Mhz ini akan mengacu pada data Engineer Parameter site-site yang ada pada dalam sebuah cluster. Peneliti telah melakukan perubahan pada sisi nilai parameter logical dan physical tuning. Hasil dari penelitian adalah luas cakupan sel dari perancangan cakupan area LTE pada cluster XXX di daerah DKI Jakarta adalah 6,65 km² dengan menggunakan 3 sektor yang memiliki jari-jari 0,51 km, sehingga menghasilkan sebanyak 10 buah *eNodeB* yang diperlukan untuk mencakup seluruh area cluster XXX.

Kata Kunci - LTE, Coverage Planning, 1800 MHz, Optimasi, UNET

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia telekomunikasi yang sudah sedemikian canggih mempengaruhi berbagai kebutuhan masyarakat akan layanan hidup yang semakin meningkat, termasuk dalam bidang telekomunikasi. Bidang telekomunikasi yang saat ini sedang berkembang pesat yaitu sistem komunikasi seluler. Sistem komunikasi seluler sangat dibutuhkan sekali bagi masyarakat modern ini karena data rate yang tinggi. Salah satu teknologi yang digunakan pada sistem komunikasi seluler ada *Long Term Evolution (LTE)*, LTE merupakan generasi ke-4 (4G) [1].

LTE menggunakan teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)* pada sisi *Downlink* dan *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* pada sisi *Uplink*. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* merupakan teknik modulasi *multicarrier*, dimana antar *subcarrier* saling *orthogonal* satu sama lain. Dengan sifat *orthogonal* yang dimiliki oleh LTE, maka antar *subcarrier* dapat diposisikan secara *overlapping* tanpa menimbulkan efek *Inter-carrier Interference (ICI)* sehingga dapat meningkatkan *peak data rate* [2].

Pada teknologi sistem komunikasi seluler, sering juga mengalami masalah yang dapat mengurangi kepuasan pelanggan. Masalah yang paling sering ditemukan diantaranya adalah buruknya sebuah sinyal pada suatu area dimana hal tersebut akan mengganggu kenyamanan dalam berkomunikasi. Kemudian masalah yang juga sering ditemukan adalah rendahnya kecepatan akses internet pada suatu area yang tentunya juga akan mengganggu kepuasan pelanggan. Kedua masalah tersebut dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti minimnya *coverage* jaringan pada suatu area, *interference*, *blocking*, maupun faktor teknis lainnya yang dapat mengganggu kinerja sebuah sistem komunikasi seluler. LTE memiliki parameter pengukuran yakni kuat sinyal dan kualitas sinyal suatu jaringan seluler yakni *Reference Signal Received Power (RSRP)* dan *Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)* [3].

Pada Penelitian ini akan melakukan perencanaan *coverage* sebuah jaringan 4G LTE 1800 Mhz pada sebuah cluster di kota Jakarta. Perencanaan *coverage* ini akan di simulasikan pada software *planning* simulasi UNET. Data-data untuk merencanakan *coverage* jaringan 4G LTE 1800 Mhz ini akan mengacu pada Data Engineer Parameter site-site yang ada pada dalam sebuah cluster. Kemudian akan dilakukan optimasi pada sisi parameter *physical tuning* berdasarkan dengan nilai yang direncanakan. Selanjutnya *coverage planning* hasil optimasi akan dibandingkan dengan *coverage planning existing*. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Sri Ariyanti dengan judul penelitian “Studi Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution* Area Jabodetabek Studi Kasus PT. Telkomsel”. Pada penelitian tersebut melakukan perencanaan untuk memberikan gambaran berapa banyak site yang dibutuhkan untuk penerapan teknologi LTE frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz sehingga operator dapat membandingkan frekuensi mana yang lebih efisien [4].

Pada Penelitian ini tidak dilakukan *Drive Test* secara langsung, data hasil *Drive Test*, data *coverage planning cluster xxx*, dan data pendukung lainnya akan diambil dari PT. XXX yang telah melakukan *Drive Test* pada site Telkomsel LTE 1800 MHz di area JABODETABEK. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengambil topik Penelitian mengenai “Perbandingan Perencanaan Dengan Hasil Optimasi Cakupan 4g LTE 1800 Mhz Pada Cluster Xxx Di Kota Jakarta Menggunakan *Software Planning*”.

*) penulis korespondensi

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Instrument Penelitian

Adapun instrumen yang digunakan untuk penelitian adalah berupa *software simulasi planning* UNET.

B. Variabel dan Parameter Penelitian

Pada penelitian ini akan diamati beberapa parameter yang berpengaruh pada hasil simulasi, diantaranya adalah luas area yang direncanakan, jumlah eNode B, *sensitivity receiver* (RSRP), *signal to noise and interference ratio* (SINR), dan *tilting* antenna yang meliputi *mechanical tilting* dan *electrical tilting*.

C. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam Penelitian ini adalah metode simulasi perencanaan *coverage* 4G LTE 1800 Mhz pada sebuah *cluster existing* menggunakan *software simulasi planning* UNET kemudian membandingkan dengan *coverage* hasil optimasi.

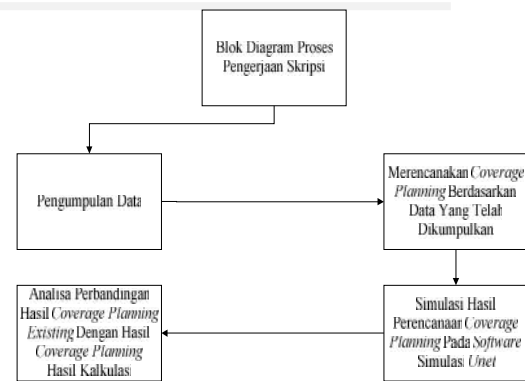
D. Pengumpulan Data

Untuk metode pengumpulan data menggunakan metode observasi atau pengamatan, yaitu mengamati hasil perhitungan atau simulasi yang ada.

E. Rencana Kerja

Tahapan-tahapan pengerjaan Penelitian dirangkum pada blok diagram pada gambar 1. Dan tahapan-tahapan dimulai dari mengumpulkan data. Data yang dikumpulkan merupakan data Engineer Parameter site cluster yang diamati. Setelah mendapatkan data Engineer Parameter dan *coverage* plot cluster, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah merencanakan *coverage planning* dengan menghitung nilai parameter *tilting* antenna yang akan digunakan. Selanjutnya adalah melakukan simulasi hasil perhitungan nilai *tilting* antenna yang telah dihitung dan di-running pada software UNET.

Hasil *coverage planning* yang telah disimulasi pada software UNET kemudian akan dibandingkan dengan *coverage planning* existing. Apabila hasil *coverage planning* belum mengalami improvisasi yang signifikan pada simulasi, maka perlu dianalisa dan dihitung kembali nilai parameter yang akan digunakan hingga menghasilkan *coverage planning* yang lebih baik dari sebelumnya.



Gbr. 1 Blok Diagram Proses Pengerjaan Penelitian

III. TINJAUAN STUDI

A. Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) adalah jaringan akses radio evolusi jangka panjang keluaran dari *3rd Generation Partnership Project* (3GPP). LTE merupakan kelanjutan dari teknologi generasi ketiga (3G) WCDMA-UMTS. Teknologi ini telah sukses diuji-cobakan secara komersial sejak tahun 2009 dan diharapkan menjadi standar evolusi komunikasi *mobile broadband* untuk dasawarsa mendatang. LTE diperkenalkan dalam satu rangkaian dengan *System Architecture Evolution* (SAE) sebagai inti jaringan generasi keempat menurut standar 3GPP. LTE dikenal juga sebagai *Evolved Universal Terrestrial Radio Access network* (E-UTRAN) sementara SAE yang merupakan inti dari sistem LTE juga memiliki nama lain *Evolved Packet Core* (EPC).

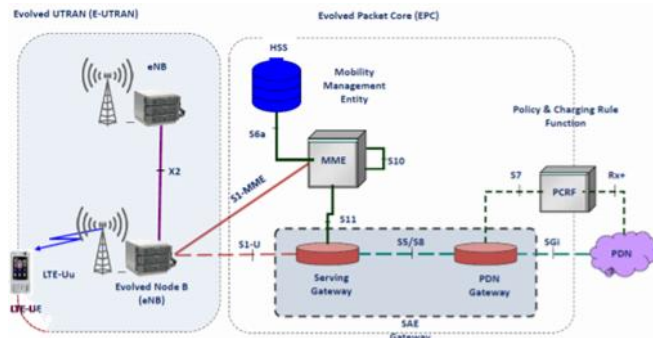
EPC bersifat *all-IP* yang berarti semua berbasis IP dan mudah berinterkoneksi dengan *network IP* lainnya, termasuk WiFi dan WiMAX. LTE menggunakan spektrum yang fleksibel sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam *bandwidth*, sehingga membuat LTE cocok untuk berbagai macam spektrum. Spesifikasi LTE ditargetkan untuk melayani *downlink* sedikitnya 100 Mbps, *uplink* sedikitnya 50 Mbps. LTE mendukung operator *scalable bandwidth* dari 1,4 MHz sampai 20 MHz. Kecepatan rata-rata berkisar pada 15 Mbps dengan *delay* 10 ms, walaupun nilai maksimal diharapkan dapat mencapai diatas 200 Mbps pada *bandwidth* 20 MHz. Pada 2G dan 3G akses radio akan terkoneksi pada *circuit switched domain* maka E-UTRAN pada LTE hanya akan terkoneksi pada EPC [5].

B. Arsitektur Jaringan LTE

Long Term Evolution (LTE) diperkenalkan dalam satu rangkaian dengan *System Architecture Evolution* (SAE) sebagai inti jaringan generasi keempat menurut standar 3GPP. LTE dikenal juga sebagai *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN) sementara SAE juga memiliki nama lain *Evolved Packet Core* (EPC).

Perbedaan EPC dengan sentral penyambungan generasi sebelumnya adalah bahwa EPC murni bekerja berdasarkan prinsip *Packet Switch* (PS), tidak ada lagi penyambungan

Circuit Switch (CS). Tingkatan arsitektur secara fungsional ekuivalen dengan sistem yang ada pada 3GPP. Pengembangan arsitektur baru terbatas pada akses radio dan jaringan inti yaitu E-UTRAN dan EPC. Arsitektur UE dan domain layanan dibiarkan tetap, tetapi evolusi fungsional tetap berlanjut pada area tersebut. Arsitektur jaringan LTE dapat dilihat pada Gbr 2.



Gbr.2 Arsitektur jaringan LTE[5]

Arsitektur LTE terdiri atas dua bagian utama yaitu LTE itu sendiri yang dikenal dengan *Evolved Universal Terrestrial Radio Access network (E-UTRAN)* dan SAE yang merupakan inti dari sistem yang dikenal dengan *Evolved Packet Core (EPC)*. Seperti pada gambar 2.1 pembagian arsitektur sistem LTE yaitu *User Equipment (UE)*, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access network (E-UTRAN)*, *Evolved Packet Core network (EPC)*.

User Equipment (UE), *Evolved Universal Terrestrial Radio Access network (E-UTRAN)*, *Evolved Packet Core network (EPC)* dihubungkan dengan menggunakan *Internet Protocol (IP)*. Bagian ini sering juga disebut *Evolved Packet System (EPS)*. Fungsi utama dari layer ini untuk menyediakan konektivitas IP, dan pengoptimalan layanan yang tinggi. Semua layanan akan di layani dalam format IP, *node* dan *interface circuit switch* yang terdapat pada arsitektur 3GPP sebelumnya, tidak lagi terdapat pada E-UTRAN dan EPC. *Transport* didominasi teknologi IP, dimana semua layanan di *desain* untuk dapat beroperasi pada *transport IP*. Pengembangan E-UTRAN berkonsentrasi pada sebuah *node*, *Evolved NodeB (eNodeB)*. Semua fungsi dijadikan satu di *eNodeB*, dengan kata lain *eNodeB* adalah titik terminasi dari semua protokol radio yang saling berhubungan. Sebagai sebuah jaringan, E-UTRAN merupakan jaringan dengan konfigurasi *mesh* sederhana yang menghubungkan antar *eNodeB* yang berdekatan melalui *interface X2* dan berhubungan dengan EPC dengan *interface S1*. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing bagian arsitektur LTE.

1) Bagian Akses Radio (LTE)

- User Equipment (UE)* adalah perangkat komunikasi pengguna. Perangkat ini dapat berupa *smartphone* atau telepon *seluler*, *tablet*, komputer, maupun segala

perangkat yang dapat terhubung dengan internet. UE berisi *Universal Subscriber Identity Module (USIM)* yang merupakan modul terpisah dari keseluruhan UE dan kadang disebut juga *Terminal Equipment (TE)*. USIM merupakan aplikasi pada sebuah *smart card* yang dinamakan *Universal Integrated Circuit Card (UICC)*. USIM digunakan untuk identifikasi, autentikasi dan memberikan keamanan kepada pengguna untuk melindungi proses transmisi radio. UE secara fungsional adalah sebuah media dasar untuk aplikasi komunikasi, dimana sinyal antar jaringan terbentuk, mengatur dan memindahkan *data* komunikasi ketika dibutuhkan oleh pengguna. Termasuk di dalamnya adalah fungsi *mobility* seperti *Handover* dan pelaporan lokasi terminal. Proses tersebut dilakukan oleh UE sesuai yang diinstruksikan oleh jaringan, dan yang paling penting UE memberikan *interface* bagi pengguna sehingga aplikasi-aplikasi pada jaringan seperti VoIP, *Video Conference* atau *Video Streaming* dapat dipakai.

- Evolved NodeB (eNodeB)* adalah antar muka jaringan LTE dengan pengguna. Pada jaringan GSM (2G) dikenal sebagai BTS dan pada jaringan UMTS (3G) dikenal sebagai *NodeB*. Perbedaan *NodeB* (3G) dengan BTS (2G) maupun *eNodeB* adalah kemampuannya untuk melakukan fungsi kontrol sambungan dan *Handover*. Dengan demikian tidak ada lagi pengatur tambahan seperti BSC atau RNC pada sistem LTE.
- #### 2) Bagian Sentral (SAE)
- Serving Gateway (S-GW)* bertugas mengatur jalan dan meneruskan *data* yang berupa paket dari setiap UE. S-GW bersama dengan SGSN juga berfungsi sebagai penghubung antara LTE dengan teknologi 3GPP lainnya seperti GSM/EDGE *Radio Access network (GERAN)* dan UMTS *Terrestrial Radio Access network (UTRAN)*.
 - Packet Data network Gateway (P-Gateway)* bertugas mengatur hubungan jaringan *data* antara UE dengan jaringan paket *data* lain diluar 3GPP seperti WLAN, Wimax, CDMA 2001x dan EVDO.
 - Mobility Management Entity (MME)* merupakan pengatur utama setiap bagian dari LTE/SAE. Pada saat UE tidak aktif, MME bertugas untuk senantiasa melacak keberadaan pelanggan dengan melakukan *tracking* dan *paging*. Saat UE aktif, MME bertugas memulihkan S-GW yang tepat selama berlangsungnya komunikasi.
 - Policy and Charging Rules Function (PCRF)* berfungsi menentukan *Quality of Service (QoS)* dan *charging* untuk masing-masing UE.
 - Home Subscriber Server (HSS)* berupa sistem *database* yang bertugas untuk membantu MME dalam melakukan manajemen pelanggan dan pengamanan. Penerimaan atau penolakan UE pada saat autentikasi bergantung pada *database* HSS.[5].

3) Physical Cell Identity (PCI)

Untuk dapat mengakses jaringan diperlukan *Physical Cell Identity* (PCI) yang digunakan oleh *User Equipment* (UE) untuk identifikasi sel, dengan sinkronisasi waktu dan frekuensi. PCI memiliki 504 kode dengan pembagiannya terdapat 168 grup pada 3 identitas *cell*. Tiga identitas *cell* dalam 1 grup biasanya disebut *cell* sektor ditandai dengan tiga kode warna yang berbeda yaitu seperti pada gambar 2 warna kuning, hijau dan orange yang dikontrol dalam eNodeB yang sama.

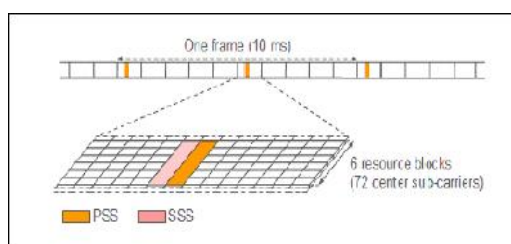
	0	1	2	.....	162	163	164	165	166	167	
0	0	3	6	.....	486	489	492	495	498	501	Alt. 1
1	4	7	10	.....	490	493	496	499	502	1	
2	8	11	14	.....	494	497	500	503	2	5	

	0	1	2	.....	162	163	164	165	166	167	
0	0	3	6	.....	486	489	492	495	498	501	Alt. 2
1	8	11	14	.....	494	497	500	503	2	5	
2	16	19	22	.....	502	1	4	7	10	13	

Gbr 3. Contoh Pengalokasian PCI [6].

Prinsip kerja dari PCI hampir sama dengan pengalokasian *Scrambling code* (SC) di system WCDMA yaitu tiap-tiap user dibedakan berdasarkan *code* yang unik. Hanya saja perbedaannya *scrambling code* kisarannya 0-511 sedangkan PCI dari 0-503. Selain itu *protocol* tersebut tidak memiliki persyaratan khusus dalam perencanaan *scrambling code*. Oleh karena itu hanya *reuse distance* yang perlu dipastikan dalam perencanaan *scrambling code*. Berdasarkan 3GPP, *protocol* membutuhkan nilai dari PCI/3 haruslah 0, 1, atau 2 pada masing-masing eNodeB. [6]

Sinkronisasi terdiri dari 2 yaitu *Primary Synchronization Signal* (PSS) dan *Secondary Synchronization Signal* (SSS), kedua sinkronisasi sinyal dikirim setiap 5 ms, yaitu pada 6 *resource block* setengah dari semua *bandwidth* dan pada *subframe* ke 0 dan ke 5 seperti yang terlihat pada gbr 4.



Gbr 4. Resouce Block [6]

a. Primary Synchronization Signal (PSS)

Primary Synchronization Signal digunakan untuk pendeteksi frekuensi *carrier* dan pendeteksi *symbolSynchronization Channel* (SCH) timing. PSS ID diidentifikasi dengan nilai 0-2 yang dinamakan *physical layer identity*.

b. Secondary Synchronization Signal (SSS)

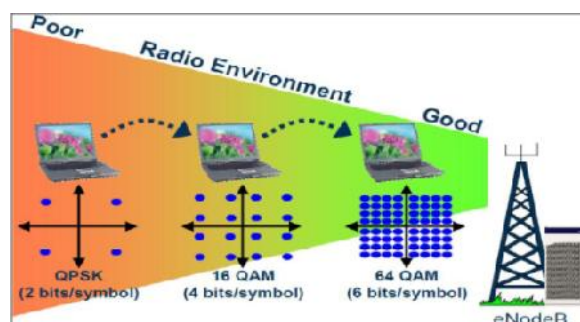
Secondary Synchronization Signal (SSS) digunakan untuk mendeteksi radio *frametime* dengan diidentifikasi SSS *group* (0-167). SSS ID digunakan mendeteksi MIMO dan *Cyclic prefix* yang dinamakan *Physical-Layer Cell Identity Group*. Seperti yang terlihat pada gbr 5.



Gbr 5. PCI Group dan PSS ID[6]

4 Adaptive Modulation Coding (AMC)

Dalam sistem komunikasi selular menunjukan bahwa kualitas sinyal yang diterima oleh *User Equipment* (UE) tergantung pada kualitas channel, tingkat gangguan dari sel-sel lain, serta *noise* yang tinggi. Modulasi adaptif *coding* merupakan salah satu teknologi pendukung pada LTE yang digunakan untuk menentukan skema modulasi dan mengatur keseimbangan kebutuhan *bandwidth*, serta kualitas sambungan dengan diukur berdasarkan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR), adapun semakin baik kualitas kanal maka dapat menggunakan modulasi yang lebih tinggi. Sedangkan apabila kondisi kanal kurang baik, maka digunakan modulasi yang lebih rendah untuk menjaga kestabilan dan kualitas sambungan. Dalam perpindahan modulasi sendiri dapat diatur secara dinamis dari QPSK, 16 QAM sampai 64 QAM. Salah satu fungsi terpenting dalam penggunaan modulasi dan pengkodean adaptif yaitu untuk meningkatkan efisiensi spektrum frekuensi, *throughput* transmisi data, serta reabilitas sistem. Sistem modulasi adaptif dapat dilihat pada gambar 6. [7],[8],[9]



Gambar 6. Adaptive Modulation Coding[7]

5 Antenna Downtilt

Standar vertikal *beamwidth* adalah *pointing* ke arah *horizon*. Mengaplikasikan *downtilt* pada antenna dapat memberikan beberapa keuntungan antara lain *power* yang diradiasikan akan lebih terfokus ke *objective coverage* area pada setiap sektor, dengan mengurangi *power* pada arah *horizon* maka *problem* interferensi juga dapat dikurangi. Kasus *overshoot coverage* dimana *coverage* sebuah site

melebihi area *objective coverage* -nya dan menyebabkan meningkatnya interferensi pada jaringan juga dapat diminimalisir dengan melakukan *downtilt*.

Tapi disisi lain *downtilt* juga dapat mengurangi besarnya *coverage*. Oleh sebab itu setiap aktivitas *downtilt* atau *uptilt* perlu terlebih dahulu disimulasikan dengan *software planning* dan diverifikasi hasilnya dengan *drivetest*. Proses optimasi dengan melakukan *physicstunning* adalah hal wajar yang dilakukan untuk meningkatkan *performance*. [10]

a) Mechanical Downtilt

Mechanical Downtilt adalah perubahan antenna *tilting* dengan mengubah *tilt angle* yang terletak pada antenna *clamp*. Derajat kemiringan tampak dari luar dan dapat diukur derajat kemiringannya menggunakan *tilt meter*.



Gbr 7. Bracket atas Antena [2]

Mechanical downtilt mengakibatkan perubahan bentuk pada *horizontal pattern*. Semakin besar derajat *mechanical downtilt* maka *coverage* pada *main lobe* berkurang sedangkan pada sisi *side lobe* akan melebar.



Gambar 8. Tilt Meter[2]

b) Electrical Downtilt

Electrical Downtilt dirubah dengan menggunakan *adjustment* yang berada dibawah antenna. Tidak seperti pada *mechanical downtilt*. *Electrical downtilt* tidak tampak derajat kemiringannya dan tidak mengubah bentuk pada *horizontal pattern*.



Gambar 9. Adjustment Electrical[2]

IV. PERANCANGAN JARINGAN LTE

A. Perencanaan Cakupan Area

Perencanaan cakupan area membutuhkan beberapa parameter antara lain luas area Kota Surakarta *Radio Link Budget* dan pemodelan propagasi. *Radio link budget* digunakan untuk mengestimasi pelemahan sinyal maksimal yang diperbolehkan antara *User Equipment* (UE) dengan *eNodeB*, nilai maksimum pelemahan yang dimaksud biasa disebut dengan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL), terdapat dua arah MAPL yaitu MAPL arah *uplink* dan MAPL arah *downlink*. Pemodelan propagasi yaitu menentukan propagasi yang digunakan, karena padapengerjaanPenelitian menggunakan frekuensi 1800 Mhz maka propagasi yang digunakan adalah model propagasi COST-231. Dari beberapa parameter tersebut nantinya akan didapatkan jumlah *eNodeB* yang dibutuhkan untuk mencakup cluster xxx di area Jakarta.

TABEL I.
DATA WILAYAH CLUSTER XXX

Daerah	Cluster XXX
Letak Geografis	6° 15' 49" - 6° 16' 27" LS dan 106° 89' 09" - 106° 90' 56" BT
Luas Daerah	± 6,65 km ²
Keterangan	Terletak di daerah Kelapa Gading, Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta

B. Perencanaan Antena Tilt Optimization

Salah satu teknik optimasi jaringan seluler untuk mengatasi permasalahan yang diakibatkan cakupan sel yang pendek atau *overshoot* dan mengurangi adanya interferensi yaitu menggunakan teknik *tilting* antenna. Teknik *tilting* antenna akan berpengaruh pada *beamwidth*. Untuk menentukan nilai *tilting* antenna dihitung pada masing-masing sel setiap site. Parameter yang dibutuhkan untuk menghitung *tilting* antenna antara lain *Touch Down Point*, titik terjauh jangkauan dari penetrasi sinyal antenna, tinggi antenna, *vertical beamwidth* antenna. Jenis antenna yang digunakan padaperancangan ini adalah antenna KATHREIN. Karena pada pengerjaan Penelitian ini menggunakan frekuensi 1800 MHz maka nilai *vertical beamwidth* yang digunakan adalah 7°.

V. ANALISA HASIL PERHITUNGAN& SIMULASI

A. Perhitungan EnodeB Secara Cakupan

Perhitungan pada cakupan area dilakukan pada sisi *Downlink* dan *uplink*, namun dalam perencanaan ini diambil pada sisi *uplink*. Tabel 2.berikut ini adalah tabel *link budget* yang digunakan sebagai acuan penentuan jumlah *eNodeB*.

TABEL II
LINK BUDGET CALCULATIONS - UPLINK

Uplink Link budget LTE		
	Unit	Value
Data Rate	Kbps	64
Receiver eNode B		
a. Tx Power	dBm	23
b. Tx Antenna Gain	dBm	7
c. Body Loss	dBm	0
d. Tx Diversity Gain (Gtx)	dB	0
e. EIRP	dBm	30
Transmitter –UE		
e. Noise Figure	dB	4
f. Thermal Noise	dBm	-104,4348041
g. SINR	dB	0,44
h. receiver Sensitivity	dBm	-99,99
I. Interference Margin	dB	0
j. MHA Gain	dB	0
k. Boddy Loss	dB	2
l. Rx Antenna Gain	dB	17
m. Lo Normal Margin (slow fade)	dB	6, 5
MAPL	dB	121,49

$$\text{Jumlah e Node B} = \frac{\text{Luas Area perencanaan}}{\text{Luas Hexagonal}} \quad (1)$$

$$\text{Jumlah e Node B} = \frac{6,65}{0,67}$$

$$\text{Jumlah e Node B} = 9,92 \text{ Sites} = 10 \text{ sites}$$

B. Perhitungan Antena Tilt Optimization

Hasil perhitungan semua site ditunjukkan pada tabel 3.

$$\text{TD Point(m)} = H \times \tan \quad (2)$$

Keterangan :

TD Point (m) = Touch Down Point, titik terjauh jangkauan dari penetrasi sinyal antena dalam meter (m)^[3]

H = tinggi dari antenna dalam meter (m)^[3]

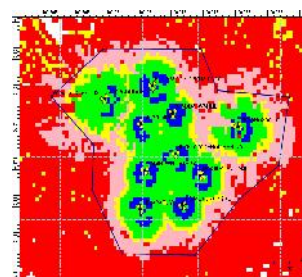
= sudut tilt antenna (kombinasi mechanical dan electrical) dalam derajat (°)^[5]

= vertical beamwidth antena dalam derajat (°)^[3]

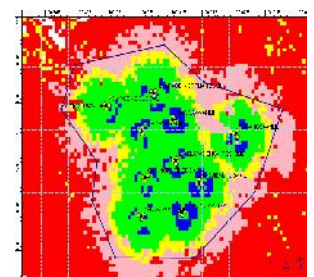
TABEL III
HASIL PERHITUNGAN TILTING ANTENA

No.	Nama Site	Tinggi Antena (m)	TD Point (m)	Sudut Tilt (°)
1.	KOMPGDNDOLOGML	30	750	5,9
	KOMPGDNDOLOGML	30	500	7,1
	KOMPGDNDOLOGML	30	500	7,1
2.	MJADDAKWAHML	22	500	6,2
	MJADDAKWAHML	22	500	6,2
	MJADDAKWAHML	22	500	6,2
3.	GADINGPUTIHTBGML	25	530	6,3
	GADINGPUTIHTBGML	25	500	6,5
	GADINGPUTIHTBGML	25	500	6,5
4.	JLKELAPACENGKIREB12ML	25	500	6,5
	JLKELAPACENGKIREB12ML	25	400	7,2
	JLKELAPACENGKIREB12ML	25	530	6,3
5.	KELAPAGDINGPRMAITBGM L	40	500	8,3
	KELAPAGDINGPRMAITBGM L	40	470	8,6
	KELAPAGDINGPRMAITBGM L	40	500	8,3
6.	KELAPAPUYUHML	34	530	7,3
	KELAPAPUYUHML	34	500	7,6
	KELAPAPUYUHML	34	500	7,6
7.	KLPCENGKIRML	21	530	5,9
	KLPCENGKIRML	21	633	5,5
	KLPCENGKIRML	21	500	6
8.	MASJIDALHUDAML	27	500	6,7
	MASJIDALHUDAML	27	500	6,7
	MASJIDALHUDAML	27	500	6,7
9.	MSJALMUKMIN2ML	27	500	6,7
	MSJALMUKMIN2ML	27	500	6,7
	MSJALMUKMIN2ML	27	750	5,6
10.	PEGANGSAANML	30	500	7,1
	PEGANGSAANML	30	500	7,1
	PEGANGSAANML	30	500	7,1

C. Perbandingan Coverage Planning Existing Dengan Coverage Planning Optimization



Gbr 10. Coverage Planning Existing



Gbr 11. Coverage Planning Optimization

Pada gambar 10. merupakan perencanaan yang dilakukan berdasarkan data *Engineer Parameter* yang didapatkan dari PT. XXX yang kemudian disimulasikan dengan software UNET sehingga menghasilkan *coverage planning existing*, selanjutnya *coverage planning existing* tersebut dianalisa dan dioptimasi pada sisi *tilting* antena dengan berdasarkan perhitungan kemudian di simulasikan kembali dengan software UNET sehingga menghasilkan *coverage planning optimization* seperti yang terlihat pada gambar 11.

1) Site KOMPGDNDOLOGML

TABEL IV

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE
KOMPGDNDOLOGML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
KOMPGDNDOLOGML	40	2	6	90	3	3
KOMPGDNDOLOGML	180	2	6	180	3	4
KOMPGDNDOLOGML	270	1	5	300	3	4

TABEL V

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE KOMPGDNDOLOGML

Parameter	Coverage Existing (km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	3.8225	4.8018
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0392	0.0246
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.4579	0.5247
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.2737	0.3729
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	0.9527	1.1298
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	2.099	2.7498
SINR	37.4338	46.2986
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.0454	0.108
10<DL RS SINR(dB)<=20	1.0367	1.0591
0<DL RS SINR(dB)<=10	4.3848	5.6001
-20<DL RS SINR(dB)<=0	31.9669	39.5314

Pada tabel 4 menunjukkan perubahan *azimuth* pada sel 1 dari 40° menjadi 90° dan sel 3 dari 270° menjadi 300° dan perubahan nilai *tilting* antena pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 3.8225 km² menjadi 4.8018 km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 37.4338 km² menjadi 46.2986km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

2) Site MJADDAKWAHML

TABEL VI

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE
MJADDAKWAHML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
MJADDAKWAHML	50	3	7	20	2	4
MJADDAKWAHML	170	3	7	120	2	4
MJADDAKWAHML	290	3	7	230	2	4

TABEL VII

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE MJADDAKWAHML

Parameter Site MJADDAKWAHML	Coverage Existing (km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	1.8113	4.1947
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0664	0.0846
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.1676	0.3209
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.0904	0.2405
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	0.4201	0.8888
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	1.0668	2.6599
SINR	12.0945	36.1563
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.012	0.023
10<DL RS SINR(dB)<=20	0.1517	0.9063
0<DL RS SINR(dB)<=10	2.2606	4.727
-20<DL RS SINR(dB)<=0	9.6702	30.5

Pada tabel 6. menunjukkan perubahan *azimuth* pada sel 1 dari 50° menjadi 20°, sel 2 dari 170° menjadi 120°, kemudian sel 3 dari 290° menjadi 230° dan perubahan nilai *tilting* antena pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 1.8113km² menjadi 4.1947km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 12.0945km² menjadi 36.1563km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 7.

3) Site GADINGPUTIHTBGML

TABEL VIII

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE
GADINGPUTIHTBGML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
GADINGPUTIHTBGML	60	4	7	60	2	4
GADINGPUTIHTBGML	150	1	5	180	2	4
GADINGPUTIHTBGML	280	4	7	280	2	4

TABEL IX

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE GADINGPUTIHTBGML

Parameter Site GADINGPUTIHTBGML	Coverage Existing (km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	3.1963	4.4899
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0697	0.0425
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.2863	0.4854
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.2027	0.311
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	0.8327	1.205
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	1.8049	2.446
SINR	23.053	44.5882
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.0246	0.0571
10<DL RS SINR(dB)<=20	0.9634	1.2812
0<DL RS SINR(dB)<=10	3.4937	5.3174
-20<DL RS SINR(dB)<=0	18.5713	37.9325

Pada tabel 8. menunjukkan perubahan *azimuth* pada sel 2 dari 150° menjadi 180° dan perubahan nilai *tilting* antena pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 3.1963km² menjadi 4.4899 km² begitu juga

dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 23.053km² menjadi 44.5882km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 9.

4) Site JKLAPACENGKIREB12ML

TABEL X

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE
JKLAPACENGKIREB12ML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
JKLAPACENGKIREB12ML	60	4	6	40	2	4
JKLAPACENGKIREB12ML	165	2	4	180	2	5
JKLAPACENGKIREB12ML	270	2	4	270	2	4

TABEL XI

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE JKLAPACENGKIREB12ML

Parameter	Coverage Existing(km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	4.38	4.7103
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0529	0.0499
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.4439	0.4974
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.2591	0.2782
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	1.1752	1.2559
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	2.4489	2.6289
SINR	36.2232	41.6041
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.0496	0.0726
10<DL RS SINR(dB)<=20	1.1748	1.2987
0<DL RS SINR(dB)<=10	4.7434	5.0573
-20<DL RS SINR(dB)<=0	30.2554	35.1755

Pada tabel 10. menunjukkan perubahan *azimuth* pada sel 1 dari 60° menjadi 40° dan sel 2 dari 165° menjadi 180° dan perubahan *tilting* antenna pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 4.38km² menjadi 4.7103 km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 36.2232km² menjadi 41.6041km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 11.

5) Site KELAPAGDINGPRMAITBGML

TABEL XII.

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE
KELAPAGDINGPRMAITBGML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
KELAPAGDINGPRMAITBGML	40	4	7	50	4	4
KELAPAGDINGPRMAITBGML	160	4	7	170	4	5
KELAPAGDINGPRMAITBGML	280	4	7	300	4	4

TABEL XIII

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE KELAPAGDINGPRMAITBGML

Parameter	Coverage Existing(km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	3.2294	5.3287

-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0917	0.0564
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.3442	0.5527
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.1556	0.3371
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	0.6833	1.3151
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	1.9546	3.0674
SINR	22.9795	47.5623
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.0587	0.1125
10<DL RS SINR(dB)<=20	0.234	0.7786
0<DL RS SINR(dB)<=10	3.9354	5.9409
-20<DL RS SINR(dB)<=0	18.7514	40.7303

Pada tabel 12. menunjukkan perubahan *azimuth* pada sel 1 dari 40° menjadi 50°, sel 2 dari 160° menjadi 170°, kemudian sel 3 dari 280° menjadi 300° dan perubahan nilai *tilting* antenna pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 3.2294km² menjadi 5.3287km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 22.9795km² menjadi 47.5623km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 13.

6) Site KELAPAPUYUHML

Tabel XIV

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE
KELAPAPUYUHML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
KELAPAPUYUHML	30	3	8	50	3	4
KELAPAPUYUHML	150	3	8	170	3	5
KELAPAPUYUHML	330	3	8	290	3	5

TABEL 15.

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE KELAPAPUYUHML

Parameter	Coverage Existing(km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	2.8186	5.3811
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0665	0.0302
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.314	0.6099
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.1609	0.3575
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	0.6001	1.3501
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	1.6771	3.0334
SINR	17.689	45.1465
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.0405	0.0837
10<DL RS SINR(dB)<=20	0.302	1.209
0<DL RS SINR(dB)<=10	3.3543	5.928
-20<DL RS SINR(dB)<=0	13.9922	37.9258

Pada tabel 14. menunjukkan perubahan *azimuth* pada sel 1 dari 30° menjadi 50°, sel 2 dari 150° menjadi 170°, kemudian sel 3 dari 330° menjadi 290° dan perubahan nilai *tilting* antenna pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 2.8186km² menjadi 5.3811 km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 17.689km² menjadi 45.1465km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 15.

7) Site KLPCENGKIRML

TABEL XVI

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE KLPCENGKIRML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
KLPCENGKIRML	0	3	8	0	2	4
KLPCENGKIRML	180	1	5	180	2	3
KLPCENGKIRML	270	3	8	270	2	4

TABEL XVII

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE KLPCENGKIRML

Parameter	Coverage Existing(km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	2.5056	4.1649
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0577	0.0525
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.2348	0.3836
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.1245	0.2406
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	0.6738	0.9362
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	1.4148	2.552
SINR	17.7295	35.9048
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.024	0.0438
10<DL RS SINR(dB)<=20	0.8772	1.193
0<DL RS SINR(dB)<=10	2.3688	4.5096
-20<DL RS SINR(dB)<=0	14.4595	30.1584

Pada tabel 16 tidak menunjukkan perubahan *azimuth* namun menunjukkan perubahan nilai *tilting* antenna pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 2.5056km² menjadi 4.1649 km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 17.7295km² menjadi 35.9048km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 17.

8) Site MASJIDALHUDAML

TABEL XVIII

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE MASJIDALHUDAML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
MASJIDALHUDAML	30	3	7	0	2	5
MASJIDALHUDAML	160	3	7	110	2	5
MASJIDALHUDAML	330	3	7	240	2	5

TABEL XIX

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE MASJIDALHUDAML

Parameter	Coverage Existing(km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	2.4806	4.2509
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0684	0.0905
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.2286	0.3719
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.1261	0.2779
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	0.5205	1.1369
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	1.537	2.3737
SINR	14.6852	35.3104

20<DL RS SINR(dB)<=50	0.0227	0.0256
10<DL RS SINR(dB)<=20	0.2646	1.1826
0<DL RS SINR(dB)<=10	2.9262	4.474
-20<DL RS SINR(dB)<=0	11.4717	29.6282

Pada tabel 18. menunjukkan perubahan *azimuth* pada sel 1 dari 30° menjadi 0°, sel 2 dari 160° menjadi 110°, kemudian sel 3 dari 330° menjadi 240° dan perubahan nilai *tilting* antenna pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 2.4806km² menjadi 4.2509 km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 14.6852km² menjadi 35.3104km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 19.

9) Site MSJALMUKMIN2ML

TABEL XX

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE MSJALMUKMIN2ML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
MSJALMUKMIN2ML	50	3	8	70	2	5
MSJALMUKMIN2ML	150	3	8	180	2	5
MSJALMUKMIN2ML	270	4	7	300	2	4

TABEL XXI

PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE MSJALMUKMIN2ML

Parameter	Coverage Existing(km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	2.1765	4.7876
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0762	0.0918
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.1689	0.407
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.1213	0.2899
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	0.4825	1.1716
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	1.3276	2.8273
SINR	12.8735	41.9784
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.0178	0.0311
10<DL RS SINR(dB)<=20	0.1291	1.2689
0<DL RS SINR(dB)<=10	2.7576	4.996
-20<DL RS SINR(dB)<=0	9.969	35.6824

Pada tabel 20. menunjukkan perubahan *azimuth* pada sel 1 dari 50° menjadi 70°, sel 2 dari 150° menjadi 180°, kemudian sel 3 dari 270° menjadi 300° dan perubahan nilai *tilting* antenna pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 2.1765km² menjadi 4.7876 km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 12.8735km² menjadi 41.9784km² seperti yang ditunjukkan pada tabel 21.

10) Site PEGANGSAANML

TABEL XXII

PERBANDINGAN PARAMETER ANTENA EXISTING DAN OPTIMIZATION SITE PEGANGSAANML

Cell Name	Parameter Antena Existing			Parameter Optimization		
	Az	Mech	Elect	Az	Mech	Elect
PEGANGSAANML	30	2	6	30	3	4

PEGANGSAANML	120	2	6	150	3	4
PEGANGSAANML	280	2	6	270	3	4

TABEL XXIII
PERBANDINGAN RSRP DAN SINR SITE PEGANGSAANML

Parameter	Coverage Existing(km ²)	Coverage Optimization (km ²)
RSRP	4.0711	5.5173
-80<DL RSRP(dBm)<=0	0.0652	0.0522
-95<DL RSRP(dBm)<=-80	0.3487	0.4412
-100<DL RSRP(dBm)<=-95	0.1904	0.2579
-110<DL RSRP(dBm)<=-100	1.0371	1.3764
-120<DL RSRP(dBm)<=-110	2.4297	3.3896
SINR	30.4472	44.5555
20<DL RS SINR(dB)<=50	0.0208	0.0665
10<DL RS SINR(dB)<=20	0.7675	0.9372
0<DL RS SINR(dB)<=10	4.802	6.5431
-20<DL RS SINR(dB)<=0	24.8569	37.0087

Pada tabel 22. menunjukan perubahan *azimuth* pada sel 2 dari 120° menjadi 150°, sel 3 dari 280° menjadi 270°, dan perubahan nilai *tilting* antena pada semua sel sehingga cakupan pada parameter RSRP meningkat dari 4.0711km² menjadi 5.5173km² begitu juga dengan parameter SINR mengalami peningkatan cakupan dari 30.4472km² menjadi 44.5555km² seperti yang ditunjukan pada tabel 23.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) pada perancangan cakupan area Penelitian ini untuk arah *downlink* yaitu 138,37 dB dan untuk arah *uplink* yaitu sebesar 121,49 dB.
2. Luas cakupan sel dari perancangan cakupan area LTE ada cluster XXX di daerah DKI Jakarta adalah 6,65 km² dengan menggunakan 3 sektor yang memiliki jari-jari 0,51 km, sehingga menghasilkan sebanyak 10 buah *eNodeB* yang diperlukan untuk mencakup seluruh area cluster XXX.
3. Jumlah *eNodeB* untuk cakupan area akan semakin banyak apabila semakin besar pula luas wilayah yang akan dicakup.
4. Sudut tilt antena berpengaruh pada *beamwidth*. Pada *mechanical tilting* semakin tinggi nilai sudut *tilt* antena maka *beamwidth* arah *main lobe* akan berkurang dan untuk *side lobe* akan melebar. Sedangkan pada *electrical tilting* semakin tinggi nilai sudut *tilt* antena maka *beamwidth* arah *main lobe* akan berkurang dan untuk *side lobe* juga akan berkurang.

5. Setelah dilakukan optimasi arah *azimuth* dan *tilting* antena terjadi peningkatan yang signifikan pada cakupan RSRP maupun SINR.

B. Saran

1. Penggunaan *10enodeB* pada cluster XXX sudah mendapatkan hasil yang optimal untuk cakupan areanya, sehingga dari segi kapasitas dapat dikembangkan pada tugas akhir selanjutnya.
2. Simulasi pada *Software* UNET untuk perancangan cakupan area LTE dapat dikembangkan dengan penambahan perancangan *planning* dan *optimization* jaringan.
3. Pengembangan judul dapat dilakukan dengan data trafik dan *link budget* yang real dari suatu operator.
4. Untuk Penelitian mengenai LTE, dapat meneliti mengenai *coverage* dengan menggunakan frekuensi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wardhana, L., Aginsa, B.F., Dewantoro, A., Harto, I., Mahardika, G. and Hikmaturokhman, A., 2014. 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta Selatan: www.nulisbuku.com.
- [2] Usman, Uke Kurniawan, Galuh Prihatmoko, dkk. 2012. "Fundamental Teknologi Seluler LTE (Long Term Evolution)". Penerbit : Rekayasa Sains, Bandung, Indonesia
- [3] Hikmaturokhman, A. and Wardana, L., 2015. 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia Jilid 2. Jakarta: Penerbit nulis buku.
- [4] Ariyanti, S., 2014. Studi Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Area Jabodetabek Studi Kasus PT. Telkomsel. *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, 12(4), pp.255-268.
- [5] Hikmaturokhman, A., Larasati, S. and Nugraha, E.S., 2016. Analysis Cost 231 MultiWall Model on 4G LTE FDD 1800 and 900 Mhz Femtocell Network Planning. *JAICT*, 1(1).
- [6] Suryanegara, M. and Miyazaki, K., 2012. Towards 4G Mobile Technology: Identifying Windows of Opportunity for a Developing Country. *International Journal of Technology*, 3(1), pp.85-92.
- [7] Hikmaturokhman, A. and Indria, A.Z., 2013. Pengaruh Modulasi Adaptif Coding Untuk Perencanaan Coverage Femtocell Di AKA TEL Purwokerto. In *Seminar Nasional Teknologi dan Teknoproneur UNSIQ*.
- [8] Adhi, A.R, dkk. Analisis Optimasi Handover Successfull Rate Terhadap TCH Drop Rate pada Jaringan GSM. Jurusan Teknik Elektro
- [9] Nugraha, Toha Ardi, and Soo Young Shin. "Inter-Cell Interference Coordination in Heterogeneous Networks with Open Access of Small Cells." 2014 Institute of Electronics Engineers of Korea Summer Conference (2014): 446-449
- [10] Pramono, S., Hariyadi, T. and Subagio, B.B., 2015, October. Performance analysis of transceiver 4x 4 space time block coded MIMO-OFDM system. In *Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), 2015 2nd International Conference on* (pp. 426-429). IEEE.